

10/538299  
PCT/JP03/15544

Rec'd PCT/PTO 10 JUN 2005  
04.12.03

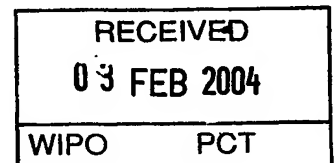
日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2 0 0 2 年 1 2 月 1 6 日

出 願 番 号  
Application Number: 特 願 2 0 0 2 - 3 6 4 1 6 2  
[ST. 10/C]: [ J P 2 0 0 2 - 3 6 4 1 6 2 ]



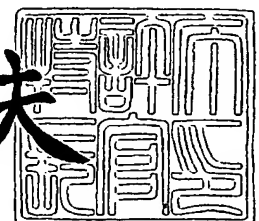
出 願 人  
Applicant(s): 日本精工株式会社

PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年 1 月 1 6 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



BEST AVAILABLE COPY

【書類名】 特許願  
【整理番号】 P-43355  
【提出日】 平成14年12月16日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 F16C 25/08  
【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内

【氏名】 福永 正史

【特許出願人】

【識別番号】 000004204

【氏名又は名称】 日本精工株式会社

【代理人】

【識別番号】 100105647

【弁理士】

【氏名又は名称】 小栗 昌平

【電話番号】 03-5561-3990

【選任した代理人】

【識別番号】 100105474

【弁理士】

【氏名又は名称】 本多 弘徳

【電話番号】 03-5561-3990

【選任した代理人】

【識別番号】 100108589

【弁理士】

【氏名又は名称】 市川 利光

【電話番号】 03-5561-3990

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100115107

【弁理士】

【氏名又は名称】 高松 猛

【電話番号】 03-5561-3990

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100090343

【弁理士】

【氏名又は名称】 栗宇 百合子

【電話番号】 03-5561-3990

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 092740

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0002910

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書  
【発明の名称】 4点接触玉軸受  
【特許請求の範囲】

【請求項1】 内周に軌道面を有する外方部材と、外周に軌道面を有する内方部材と、これら外方部材及び内方部材の軌道面間に単列に転動自在に配設された複数の玉と、これら複数の玉を円周方向で等配する保持器とを備え、前記玉が外方部材及び内方部材の両軌道面に対してそれぞれ二点接触する4点接触玉軸受において、

前記玉の直径を  $d$ 、前記両軌道面間に配置された複数の玉のピッチ円直径を  $D_p$ 、前記ピッチ円直径  $D_p$  上での隣接する玉間距離を  $L_1$ 、前記外方部材及び内方部材において前記玉に外接する軌道面としての溝の曲率半径を  $r$ 、前記外方部材及び内方部材の各軌道面と前記玉との接触角を  $\alpha$ 、とするとき、これら  $d$ 、 $D_p$ 、 $L_1$ 、 $r$ 、 $\alpha$  をそれぞれ以下の各式を満足するように設定し、

$$0.011 \leq d/D_p \leq 0.017、$$

$$1.5 \leq L_1/d \leq 2.1、$$

$$0.54 \leq r/d \leq 0.59、$$

$$15^\circ \leq \alpha \leq 25^\circ、$$

且つ、前記玉を介して接触する外方部材と内方部材との間のアキシャル隙間  $S_A$  を  $-0.050\text{ mm} \leq S_A \leq 0\text{ mm}$  を満足するように設定したことを特徴とする4点接触玉軸受。

【請求項2】 内周に軌道面を有する外方部材と、外周に軌道面を有する内方部材と、これら外方部材及び内方部材の軌道面間に単列に転動自在に配設された複数の玉と、これら複数の玉を円周方向で等配する保持器とを備え、前記玉が外方部材及び内方部材の両軌道面に対してそれぞれ二点接触する4点接触玉軸受において、

前記玉が高炭素クロム鋼で形成され、且つ、その表面にはビッカース硬さ  $H_v$  が  $740 \sim 940$  の範囲となる浸炭窒化層が形成されたことを特徴とする4点接触玉軸受。

【請求項3】 内周に軌道面を有する外方部材と、外周に軌道面を有する内

方部材と、これら外方部材及び内方部材の軌道面間に単列に転動自在に配設された複数個の玉と、これら複数個の玉を円周方向で等配する保持器とを備え、前記玉が外方部材及び内方部材の両軌道面に対してそれぞれ二点接触する 4 点接触玉軸受において、

前記玉がマルテンサイト系ステンレス鋼で形成され、且つ、その表面にはビッカース硬さ  $H_v$  が 1 2 0 0 ～ 1 5 0 0 の範囲となる窒化層が形成されたことを特徴とする 4 点接触玉軸受。

【請求項 4】 内周に軌道面を有する外方部材と、外周に軌道面を有する内方部材と、これら外方部材及び内方部材の軌道面間に単列に転動自在に配設された複数個の玉と、これら複数個の玉を円周方向で等配する保持器とを備え、前記玉が外方部材及び内方部材の両軌道面に対してそれぞれ二点接触する 4 点接触玉軸受において、

前記玉は、表面のビッカース硬さ  $H_v$  が 1 3 0 0 ～ 2 7 0 0 の範囲となるエンジニアセラミックスで形成されたことを特徴とする 4 点接触玉軸受。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は 4 点接触玉軸受に関し、特に、予圧付与下の運転において摩擦トルクの増大を抑制して発熱や摩耗を抑えることができ、高速回転時の低騒音・低振動運転に加えて、軸受寿命の向上を実現することができる超薄肉形の 4 点接触玉軸受の改良に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

図 1 3 は、医療機器の一種である C T スキャナ装置の一例を示したものである。

この C T スキャナ装置 1 は、X 線管球 2 の発生する X 線を、図示せぬウェッジフィルター及びスリットで所定の強度に規制した上で被写体 3 に照射し、被写体 3 を透過した X 線を検出器 5 で受けて、この検出器 5 の出力を受けるコンピュータ（図示略）で X 線透過画像を形成する。

## 【0 0 0 3】

X線管球 2 や検出器 5 を装備した円筒状枠 6 は、転がり軸受 7 を介して、本体枠 8 に回転可能にされており、円筒状枠 6 を回転駆動することによって、被写体 3 の検査断面をあらゆる角度からチェックした断層画像を得ることができる。

前記転がり軸受 7 は、一般に内径が 7 0 0 mm 以上の大径に形成されるので、直径に対して断面が著しく小さい、所謂超薄肉形転がり軸受となる。

## 【0 0 0 4】

C T スキャナ装置 1 に使用される前記転がり軸受 7 に作用する荷重は、ラジアル荷重、アキシャル荷重及びモーメント荷重の合成荷重となるが、これらの合成荷重は比較的軽荷重となる。

そのため、耐荷重が大きなころ軸受は必要ない。そこで、前記転がり軸受 7 には、従来より、図 1 4 に示すような背面組合わせのアンギュラ玉軸受 8 a, 8 b や、内外輪間の玉がそれぞれの軌道面に対して 2 点接触する 4 点接触玉軸受を使用した C T スキャナ装置 1 が普及している。

## 【0 0 0 5】

この様な背面組合わせのアンギュラ玉軸受 8 a, 8 b と 4 点接触玉軸受は、何れも両方向のアキシャル荷重を受けることができる点で、共通している。しかし、背面組合わせのアンギュラ玉軸受 8 a, 8 b は、2 つの軸受を組み合わせるため、単一の軸受けで済む 4 点接触玉軸受と比較すると、幅寸法  $w_1$  が大きくなり、コンパクト化や軽量化、更には低コスト化の点で不利になる。

そこで、最近では、転がり軸受 7 として 4 点接触玉軸受を使用した C T スキャナ装置が増えている。

## 【0 0 0 6】

ところで、最近の C T スキャナ装置では、医療時間を短縮して患者の負担軽減を図ることから、高速化のニーズが高くなっており、転がり軸受 7 として使用する 4 点接触玉軸受にも、高速回転性能が要求されるようになってきた。

しかし、4 点接触玉軸受は、これまでアキシャル方向の内部隙間を正の値に設定することが一般的で、高速回転 ( $dmN \geq 10000$ 、ここで  $dm$  は玉 P C D、 $N$  は回転数) での使用環境では、僅かな軸受内部隙間が騒音や不快な振動の発

生要因となって、患者に精神的な負担を与えたり、或いは、振動が測定精度の誤差を招く虞があった。

#### 【0007】

そこで、4点接触玉軸受において、アキシャル方向の内部隙間を負の値（即ち、予圧付与した状態）に設定することで、内部隙間に起因した騒音や不快振動の発生を抑制して、低騒音且つ低振動の高速運転の実現を図る技術が提案されている（例えば、特許文献1参照）。

また、玉と保持器との間の衝突音や衝撃を緩和することで、軸受の高速運転時の低騒音・低振動を実現する技術として、分割型保持器が提案されている。（例えば、特許文献2参照）。

#### 【0008】

##### 【特許文献1】

特開 2002-81442号公報

##### 【特許文献2】

特開 2000-065067号公報

#### 【0009】

##### 【発明が解決しようとする課題】

ところが、上記特許文献1に記載の4点接触玉軸受のように、単にアキシャル方向の内部隙間を負にするというだけでは、実用上、重大な問題が発生する可能性が高い。

それは、4点接触玉軸受では、玉が外輪軌道面及び内輪軌道面のそれぞれに対して2点接触となっており、予圧付与状態で高速回転した時に、玉と軌道面との間の点接触部で過大な滑りが発生し、摩擦トルクの増大を招き、それに伴う発熱や摩耗によって、軸受寿命を大きく損なう可能性がある。

この問題は、上記特許文献2の分割型保持器を使用しても改善することはできない。

#### 【0010】

従って、4点接触玉軸受においては、予圧を付与した状態で高速回転させた時に、玉と軌道面との間の点接触部での滑りを必要最小限に抑えて、摩擦トルクの

増大を防止し、摩擦トルクに比例する発熱や摩耗を低減させて、軸受寿命を増大させることが、今後の重要課題とされていた。

#### 【0011】

そこで、本発明の目的は上記課題を解消することに係り、予圧付与下での運転において摩擦トルクの増大を抑制して発熱や摩耗を抑えることができ、高速回転時の低騒音・低振動運転に加えて、軸受寿命の向上を実現することができる4点接触玉軸受を提供することである。

#### 【0012】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明の上記目的は、請求項1に記載のように、内周に軌道面を有する外方部材と、外周に軌道面を有する内方部材と、これら外方部材及び内方部材の軌道面に単列に転動自在に配設された複数の玉と、これら複数の玉を円周方向で等配する保持器とを備え、前記玉が外方部材及び内方部材の両軌道面に対してそれぞれ二点接触する4点接触玉軸受において、

前記玉の直径を  $d$ 、前記両軌道面間に配置された複数の玉のピッチ円直径を  $D_p$ 、前記ピッチ円直径  $D_p$  上での隣接する玉間距離を  $L_1$ 、前記外方部材及び内方部材において前記玉に外接する軌道面としての溝の曲率半径を  $r$ 、前記外方部材及び内方部材の各軌道面と前記玉との接触角を  $\alpha$ 、とするとき、これら  $d$ 、 $D_p$ 、 $L_1$ 、 $r$ 、 $\alpha$  をそれぞれ以下の各式を満足するように設定し、

$$0.011 \leq d/D_p \leq 0.017、$$

$$1.5 \leq L_1/d \leq 2.1、$$

$$0.54 \leq r/d \leq 0.59、$$

$$15^\circ \leq \alpha \leq 25^\circ、$$

且つ、前記玉を介して接触する外方部材と内方部材との間のアキシャル隙間  $S_A$  を  $-0.050 \text{ mm} \leq S_A \leq 0 \text{ mm}$  を満足するように設定したことを特徴とする4点接触玉軸受により達成される。

#### 【0013】

尚、4点接触玉軸受において、玉と各軌道面間との間に発生する接触面圧  $P$  と滑り速度  $V$  との積である  $PV$  値は、各軌道面や玉の摩耗度合いや、回転時に発生



する騒音の大きさに大きく関与し、PV値を下げることで、低騒音・低摩擦を実現することができる。

軸受の高速回転時に玉に作用する慣性力を小さく抑えて、摩擦トルクやそれに伴う発熱や摩擦を下げるためには、玉の直径  $d$  はできる限り小さくすることが望ましいが、小さ過ぎると接触面圧  $P$  の上昇によって上記PV値の増大を招き、寿命低下の要因となる。

#### 【0014】

そこで、上記構成の4点接触玉軸受によれば、

(1)  $0.011 \leq d/D_p \leq 0.017$  の範囲に玉の直径  $d$  を設定することで、玉の直径が過小になることを回避して、発熱や摩擦を招く摩擦トルクを抑えつつ、PV値の低減を図ることが可能になる。

(2) 玉相互間の保持器柱部強度を確保するためには、保持器柱部に一定以上の断面積を確保することが必要であり、その為には隣接する玉間距離  $L_1$  を大きくすることが望ましいが、玉間距離  $L_1$  が過大になると、個々の玉が分担する荷重が増えて、上記PV値の増大を招く。

そこで、上記のように、 $1.5 \leq L_1/d \leq 2.1$  の範囲に玉間距離  $L_1$  を設定することで、玉間距離  $L_1$  が過大になることを防止でき、保持器柱部強度を確保する一方で、PV値の低減を図ることが可能になる。

#### 【0015】

(3) 玉に外接する軌道面としての溝の曲率半径  $r$  は、通常の玉軸受では、例えば  $0.5 < r/d < 0.54$  の設定となるが、このような標準値よりも大きく設定することで、加工上のばらつきや温度変化等による隙間の変動が軸受機能に及ぼす影響を小さくすることができる。また、玉が接触する溝の曲率半径  $r$  を上記の標準よりも大きく設定することで、玉と軌道面の接触楕円を小さくして、差動すべりを抑え、発熱や摩擦を招く摩擦トルクを抑えつつ、PV値の低減を図ることが可能になる。しかし、曲率半径を  $r$  が過大に設定されると、予圧付与時に玉と軌道面との接触位置にずれが生じ易くなり、安定動作が困難になる。

そこで、上記のように、 $0.54 \leq r/d \leq 0.59$  の範囲に、溝の曲率半径  $r$  を設定することで、溝の曲率半径  $r$  が過大になることを防止でき、加工性を確

保しつつ、玉と軌道面の接触楕円を小さく抑えて、発熱や摩耗を招く摩擦トルクを抑えつつ、PV値の低減を図ることが可能になる。

#### 【0016】

(4) 各軌道面と前記玉との接触角 $\alpha$ は、過小又は過大であると、玉と軌道面間におけるスピン滑りやジャイロ滑りが増大し、摩擦トルクやPV値の増大を招く。

そこで、上記のように、 $15^{\circ} \leq \alpha \leq 25^{\circ}$ の範囲に規制することで、玉と軌道面間におけるスピン滑りとジャイロ滑りの双方を低減させ、発熱や摩耗を招く摩擦トルクを抑えつつ、PV値の低減を図ることが可能になる。

#### 【0017】

(5) アキシャル隙間 $S_A$ も過度の負にすると、組立性が極端に悪化したり、回転時の摩擦トルクの増大を招き、軸受寿命の低下の重大要因となるが、上述の(1)～(4)の作用・効果の相乗環境下で、上記のようにアキシャル隙間 $S_A$ を $-0.050\text{ mm} \leq S_A \leq 0\text{ mm}$ の範囲に設定すると、高速回転時の低騒音・低振動運転を実現する適度の予圧状態となって、発熱や摩耗による軸受寿命の低減も防止できる。

#### 【0018】

従って、上記構成の4点接触玉軸受では、予圧付与下での運転において摩擦トルクの増大を抑制して発熱や摩耗を抑えることができ、高速回転時の低騒音・低振動運転を実現できると同時に、発熱や摩耗の低減によって軸受寿命の向上を実現することができる。

#### 【0019】

また、本発明の上記目的は、請求項2に記載のように、内周に軌道面を有する外方部材と、外周に軌道面を有する内方部材と、これら外方部材及び内方部材の軌道面間に単列に転動自在に配設された複数の玉と、これら複数の玉を円周方向で等配する保持器とを備え、前記玉が外方部材及び内方部材の両軌道面に対してそれぞれ二点接触する4点接触玉軸受において、

前記玉が高炭素クロム鋼で形成され、且つ、その表面にはビッカース硬さ $H_v$ が740～940の範囲となる浸炭窒化層が形成されたことを特徴とする4点接

触玉軸受により達成される。

#### 【0020】

また、本発明の上記目的は、請求項3に記載のように、内周に軌道面を有する外方部材と、外周に軌道面を有する内方部材と、これら外方部材及び内方部材の軌道面間に単列に転動自在に配設された複数個の玉と、これら複数個の玉を円周方向で等配する保持器とを備え、前記玉が外方部材及び内方部材の両軌道面に対してそれぞれ二点接触する4点接触玉軸受において、

前記玉がマルテンサイト系ステンレス鋼で形成され、且つ、その表面にはビッカース硬さHvが1200～1500の範囲となる窒化層が形成されたことを特徴とする4点接触玉軸受により達成される。

#### 【0021】

また、本発明の上記目的は、請求項4に記載のように、内周に軌道面を有する外方部材と、外周に軌道面を有する内方部材と、これら外方部材及び内方部材の軌道面間に単列に転動自在に配設された複数個の玉と、これら複数個の玉を円周方向で等配する保持器とを備え、前記玉が外方部材及び内方部材の両軌道面に対してそれぞれ二点接触する4点接触玉軸受において、

前記玉は、表面のビッカース硬さHvが1300～2700の範囲となるエンジニアセラミックスで形成されたことを特徴とする4点接触玉軸受により達成される。

#### 【0022】

以上の請求項2乃至請求項4に記載の4点接触玉軸受は、いずれも、玉の表面のビッカース硬さHvを標準よりも高く規制したものである。

このようにすると、玉の縦弾性係数が高くなり、玉と軌道面との間の接触面圧による玉の変形を抑えて、玉と軌道面との間の接触楕円を小さくすることができ、これによって、玉と各軌道面との間に発生する差動滑りを最小限に抑えることができる。

#### 【0023】

また、玉の表面の硬度を標準より高くしたこと自体で、滑り動作に対する耐摩耗性が向上する。この耐摩耗性の向上と、上記差動滑りの最小限化によって、予

圧付与下での運転において摩擦トルクの増大を抑制して発熱や摩耗を抑えることができ、高速回転時の低騒音・低振動運転を実現できると同時に、発熱や摩耗の低減によって軸受寿命の向上を実現することができる。

#### 【0024】

##### 【発明の実施の形態】

以下、添付図面に基づいて本発明の一実施形態に係る4点接触玉軸受を詳細に説明する。

図1は、本発明の一実施形態に係る4点接触玉軸受の縦断面図を示したものである。

#### 【0025】

本第1実施形態の4点接触玉軸受11は、図1に示したように、内周に軌道面13aを有する外方部材としての外輪13と、外周に軌道面15aを有する内方部材としての内輪15と、外内輪13、15の軌道面13a、15a間に単列に転動自在に配設された複数の玉17と、これら複数の玉17を円周方向で等配する保持器19とを備えた構成であり、玉17が外内輪13、15の両軌道面13a、15aに対してそれぞれ二点接触している。

#### 【0026】

尚、図1において、傾斜した一点鎖線21、22と各軌道面13a、15aとの交点が、玉17と各軌道面13a、15aとの接触点である。

又、前記玉17の材質は、高炭素クロム鋼であり、この点は従来のもと同様である。

#### 【0027】

更に、玉17や各軌道面13a、15aは、摩耗等を抑えるために、表面の硬化処理を施しておくことが望ましい。その際の硬化処理法としては、高温油中での焼き入れ及び焼き戻し法、回転移動コイル式高周波焼き入れ法、全周コイル式全体同時高周波焼き入れ法（例えば、特開2002-174251号公報参照）等のいずれを用いても良い。

#### 【0028】

前記4点接触玉軸受11は、図13に示したようなCTスキャナ装置1の円筒

状棒 6 を回転自在に支持する転がり軸受として利用されるものであり、内径  $D_I$  が 700 mm 以上の大径に形成されるので、直径に対して断面が著しく小さい、所謂超薄肉形転がり軸受となる。

#### 【0029】

そして、上記 4 点接触玉軸受 11 において、前記玉 17 の直径を  $d$ 、前記両軌道面 13a, 15a 間に配置された複数個の玉 17 のピッチ円直径を  $D_p$ 、前記ピッチ円直径  $D_p$  上での隣接する玉 17 相互間の離間距離（玉間距離）を  $L_1$ 、前記外内輪 13, 15 において前記玉 17 に外接する軌道面 13a, 15a としての溝の曲率半径を  $r$ 、前記外内輪 13, 15 の各軌道面 13a, 15a と前記玉 17 との接触角（即ち、前記一点鎖線 21, 22 の傾斜角）を  $\alpha$ 、とするとき、本実施形態ではこれら  $d$ ,  $D_p$ ,  $L_1$ ,  $r$ ,  $\alpha$  をそれぞれ以下の各式①～④を満足するように設定している。

#### 【0030】

$$0.011 \leq d/D_p \leq 0.017 \quad \dots \textcircled{1}$$

$$1.5 \leq L_1/d \leq 2.1 \quad \dots \textcircled{2}$$

$$0.54 \leq (\text{溝の曲率半径 } r) / d \leq 0.59 \quad \dots \textcircled{3}$$

$$15^\circ \leq \alpha \leq 25^\circ \quad \dots \textcircled{4}$$

更に、前記玉 17 を介して接触する外輪 13 と内輪 15 との間のアキシアル隙間  $S_A$  を  $-0.050 \text{ mm} \leq S_A \leq 0 \text{ mm}$  を満足するように設定している。

#### 【0031】

尚、上記 4 点接触玉軸受 11 において、玉 17 と各軌道面 13a, 15a 間とに発生する接触面圧  $P$  と滑り速度  $V$  との積である  $PV$  値は、各軌道面 13a, 15a や玉 17 の摩耗度合いや、回転時に発生する騒音の大きさに大きく関与し、この  $PV$  値を下げることで、低騒音・低摩耗を実現することができる。

一般に、軸受の高速回転時に玉 17 に作用する慣性力を小さく抑えて、摩擦トルクやそれに伴う発熱や摩耗を下げるためには、玉 17 の直径  $d$  はできる限り小さくすることが望ましい。しかし、小さ過ぎると接触面圧  $P$  の上昇によって上記  $PV$  値の増大を招き、寿命低下の要因となる。

#### 【0032】

そこで、本実施形態の 4 点接触玉軸受 11 によれば、

(1) 上記①式で示す範囲に玉 17 の直径  $d$  を設定することで、玉 17 の直径が過小になることを回避して、発熱や摩耗を招く摩擦トルクを抑えつつ、 $PV$  値の低減を図ることが可能になる。

(2) 玉 17 相互間の保持器柱部強度を確保するためには、保持器 19 の柱部に一定以上の断面積を確保することが必要で、その為には隣接する玉間距離  $L_1$  を大きくすることが望ましいが、玉間距離  $L_1$  が過大になると、個々の玉 17 が分担する荷重が増えて、上記  $PV$  値の増大を招く。

そこで、本実施形態では、上記②式に示す範囲に、玉間距離  $L_1$  を設定することで、玉間距離  $L_1$  が過大になることを防止でき、保持器柱部強度を確保する一方で、 $PV$  値の低減を図ることが可能になる。

#### 【0033】

(3) 玉 17 に外接する軌道面 13a, 15a としての溝の曲率半径  $r$  は、通常の玉軸受では、例えば、 $0.5 < r/d < 0.54$  の設定となるが、このような標準値よりも大きく設定することで、加工上のばらつきや温度変化等による隙間の変動が軸受機能に及ぼす影響を小さくすることができる。また、玉 17 が接触する溝の曲率半径  $r$  を上記の標準よりも大きく設定することで、玉 17 と軌道面 13a, 15a の接触楕円を小さくして、差動すべりを抑え、発熱や摩耗を招く摩擦トルクを抑えつつ、 $PV$  値の低減を図ることが可能になる。しかし、曲率半径を  $r$  が過大に設定されると、予圧付与時に玉と軌道面との接触位置にずれが生じ易くなり、安定動作が困難になる。

#### 【0034】

そこで、本実施形態では、上記③式に示す範囲に、溝の曲率半径  $r$  を設定することで、溝の曲率半径  $r$  が過大になることを防止でき、加工性を確保しつつ、玉 17 と軌道面 13a, 15a の接触楕円を小さく抑えて、発熱や摩耗を招く摩擦トルクを抑えつつ、 $PV$  値の低減を図ることが可能になる。

#### 【0035】

(4) 各軌道面 13a, 15a と前記玉 17 との接触角  $\alpha$  は、過小又は過大であると、玉 17 と軌道面 13a, 15a 間におけるスピン滑りやジャイロ滑りが

増大し、摩擦トルクやP V値の増大を招く。

そこで、本実施形態では、上記④式に示す範囲に規制することで、玉17と軌道面13a, 15a間におけるスピン滑りとジャイロ滑りの双方を低減させ、発熱や摩耗を招く摩擦トルクを抑えつつ、P V値の低減を図ることが可能になる。

#### 【0036】

(5) アキシャル隙間 $S_A$ も過度の負にすると、組立性が極端に悪化したり、回転時の摩擦トルクの増大を招き、軸受寿命の低下の重大要因となるが、上述の(1)～(4)の作用・効果の相乗環境下で、上記のようにアキシャル隙間 $S_A$ を $-0.050\text{ mm} \leq S_A \leq 0\text{ mm}$ の範囲に設定すると、高速回転時の低騒音・低振動運転を実現する適度の予圧状態となって、発熱や摩耗による軸受寿命の低減も防止できる。

#### 【0037】

即ち、本実施形態の4点接触玉軸受11では、予圧付与下での運転において摩擦トルクの増大を抑制して発熱や摩耗を抑えることができ、高速回転時の低騒音・低振動運転を実現できると同時に、発熱や摩耗の低減によって軸受寿命の向上を実現することができる。

従って、前記4点接触玉軸受11をCTスキャナ装置に使用した場合に、回転支持部の高速化のニーズに応えると同時に、高速回転時における騒音や振動を抑えて、患者への精神的な負担を軽減することができ、また、振動による測定精度の低下を防止することができる。

#### 【0038】

次に、上述した本実施形態の作用・効果を確認するため、本実施形態の4点接触玉軸受11と、従来の4点接触玉軸受及び背面組合せのアンギュラ玉軸受について、高速回転時に発生する騒音(音響レベル)試験、振動値試験、温度上昇試験、摩擦トルク試験及び軸受の寿命試験等の各特性評価テストを下記試験条件で行った。なお、従来の4点接触玉軸受は、アキシャル隙間をプラスに設定したものである。

その測定結果を図2乃至図6に示す。

#### 【0039】

(試験条件)

ラジアル荷重 = 10000 (N)

アキシャル荷重 = 6000 (N)

モーメント荷重 = 2000 (N・m)

回転数×玉ピッチ円径 = 160000 (min<sup>-1</sup>・mm)

【0040】

図2乃至図5に示したように、本実施形態の4点接触玉軸受11は、騒音試験、振動値試験、温度上昇試験、摩擦トルク試験等の何れの特性においても、従来の4点接触玉軸受よりも優れた性能を示し、背面組合わせのアンギュラ玉軸受と同等以上の特性を持つことが判る。

また、図6に示すように、本実施形態の4点接触玉軸受11の寿命は、従来の予圧付与無しの4点接触玉軸受や、背面組み合わせのアンギュラ玉軸受と同等になり、予圧の付与が寿命低下に影響していないことが判る。

【0041】

図7は、本発明の第2実施形態に係る4点接触玉軸受を示したものである。

本第2実施形態の4点接触玉軸受25は、図7に示したように、上記第1実施形態の4点接触玉軸受11に、CTスキャナ装置への組み込みの際に使用する軸箱27を事前組み付けしたものである。

【0042】

前記軸箱27は、外輪13を保持する外輪側軸箱31と、内輪15を保持する内輪側軸箱32とから構成されている。外輪側軸箱31及び内輪側軸箱32は、何れも軸方向に分離可能な本体31a、32aと、蓋体31b、32bと、これらを締結するネジ部材33、34とから構成されている。

【0043】

前記外輪側軸箱31を構成している本体31aと蓋体31bの内周端部には、半径方向内方に向かって張り出すシールド部31c、31cが一体装備されている。

これらシールド部31c、31cは、4点接触玉軸受11の両端の開口部を覆って、4点接触玉軸受11内に充填されたグリースの漏れ防止や、外部から4点



接触玉軸受 11 内への異物の進入防止を行う。

【0044】

また、外輪側軸箱 31 及び内輪側軸箱 32 には、CT スキャナ装置に取り付ける際の取付穴が装備されている。

このように、軸箱 27 を事前に 4 点接触玉軸受 11 に組み付けたユニット構造の 4 点接触玉軸受 25 は、CT スキャナ装置へ組み込む際の組立性を向上させることができる。

【0045】

図 8 は、本発明の第 3 実施形態に係る 4 点接触玉軸受を示したものである。

本第 3 実施形態の 4 点接触玉軸受 36 は、上記第 1 実施形態の 4 点接触玉軸受 11 における外輪 13 の代わりに外方部材 38 を使用し、また、内輪 15 の代わりに内方部材 39 を装備したものである。

【0046】

前記外方部材 38 は、上記第 2 実施形態における外輪 13 と外輪側軸箱 31 とを一体形成したような構成である。また、前記内方部材 39 は、上記第 2 実施形態における内輪 15 と内輪側軸箱 32 とを一体形成したような構成である。

従って、外方部材 38 や内方部材 39 には、CT スキャナ装置に締結するための取り付け用のねじ部 41, 42 が形成されている。

また、外方部材 38 の内周両端部には、内部に充填されるグリースの漏れ防止や外部からの異物の進入を防止するためのリング状のシールド板 44 が装着されている。

【0047】

このように、軸受の内外輪となる部位を軸箱と一体の構成とすることで、CT スキャナ装置に使用する 4 点接触玉軸受及び軸箱の部品構成を低減させることができ、CT スキャナ装置への組み付け性の向上や、部品削減によるコスト低減を図ることが可能になる。

【0048】

また、前記シールド板 44 は、図 9 に示すように、ばね鋼をリング状にプレス成形した円周上の一箇所に、半径方向に対して所定の傾斜角を付けて、縮径変形

させるための隙間  $s_1$  を形成しておくことで、取付け作業時の縮径の容易性を確保すると同時に、隙間の開放による封止性能の低下を抑止することができる。

#### 【0049】

図10は、本発明の第4実施形態に係る4点接触玉軸受を示したものである。

本第4実施形態の4点接触玉軸受46は、図8に示した第3実施形態の4点接触玉軸受36における外方部材38を、軸方向に分割可能な二つのリング状部材51、52で構成したものであり、それ以外の構成は第3実施形態の4点接触玉軸受36と略同様である。

#### 【0050】

図11は、本発明の第5実施形態に係る4点接触玉軸受を示したものである。

本第5実施形態の4点接触玉軸受55は、図8に示した第3実施形態の4点接触玉軸受36における内方部材39を、軸方向に分割可能な二つのリング状部材56、57で構成したものであり、それ以外の構成は第3実施形態の4点接触玉軸受36と略同様である。

#### 【0051】

上述した第1乃至第3実施形態では、内輪や外輪は分割できない。従って、玉17の組み込みは深溝玉軸受と同様に、外輪を弾性変形させることで行うため、外輪材料の弾性限界で組み込む玉17の数量が制限される。

一方、図10及び図11に示した上記第4及び第5実施形態の4点接触玉軸受46、55では、内輪又は外輪の少なくとも一方が2分割されているため、内外輪間に組み込む玉17の数量は、強度確保の点で必要となる保持器19の柱部の寸法によって制限されるのみであり、外輪として機能する外方部材や内輪として機能する内方部材の弾性限界には関係しない。

#### 【0052】

従って、第1乃至第3実施形態の4点接触玉軸受と比較すると、上記第4及び第5実施形態の4点接触玉軸受46、55は、より多数の玉17を組み込むことが可能になり、一つ当たりの玉17に作用する荷重の軽減、或いは許容荷重の増大を図って、耐久性や寿命の改善を図ることができる。

#### 【0053】

尚、上述の第1乃至第5実施形態の4点接触玉軸受では、上記①～④式で示した範囲に各寸法を設定し、且つ、アキシャル隙間 $S_A$ を $-0.050\text{ mm} \leq S_A \leq 0\text{ mm}$ の範囲を満足するように設定することで、高速回転時の低騒音・低振動運転を実現すると共に、予圧付与下での高速運転時における発熱や摩耗の抑制を実現した。

これに対し、次に示す第6乃至第8実施形態の4点接触玉軸受によっても、同様の作用・効果を上げることができる。

#### 【0054】

第6実施形態となる4点接触玉軸受は、玉が高炭素クロム鋼で形成され、且つ、その表面にはビッカース硬さ $H_v$ が740～940の範囲となる浸炭窒化層が形成された構成とするものである。

また、第7実施形態となる4点接触玉軸受は、玉がマルテンサイト系ステンレス鋼で形成され、且つ、その表面にはビッカース硬さ $H_v$ が1200～1500の範囲となる窒化層が形成された構成とするものである。

更に、第8実施形態となる4点接触玉軸受は、表面のビッカース硬さ $H_v$ が1300～2700の範囲となるエンジニアセラミックスで玉を形成した構成とするものである。

#### 【0055】

これら第6乃至第8実施形態の4点接触玉軸受は、いずれも、玉の表面のビッカース硬さ $H_v$ を標準よりも高く規制したものである。

このようにすると、玉の縦弾性係数が高くなり、玉と軌道面との間の接触面圧による玉の変形を抑えて、玉と軌道面との間の接触楕円を小さくすることができ、これによって、玉と各軌道面との間に発生する差動滑りを最小限に抑えることができる。

#### 【0056】

また、玉の表面の硬度を標準より高くしたこと自体で、滑り動作に対する耐摩耗性が向上する。この玉の耐摩耗性の向上と、上記差動滑りの最小限化によって、予圧付与下での運転において摩擦トルクの増大を抑制して発熱や摩耗を抑えることができ、高速回転時の低騒音・低振動運転を実現できると同時に、発熱や摩

耗の低減によって軸受寿命の向上を実現することができる。

#### 【0057】

図12は、これら第6乃至第8実施形態に準じて玉の表面のビッカース硬さ $H_v$ を高めて、その上で軸受内のアキシャル隙間 $S_A$ を負に設定した本発明の4点接触玉軸受と、従来の4点接触玉軸受と、背面組合せのアンギュラ玉軸受とについて、軸受としての諸特性を比較したものである。

なお、従来の4点接触玉軸受としては、アキシャル隙間 $S_A$ を負に設定したものと、アキシャル隙間 $S_A$ を正に設定したものの2種類について測定した。

#### 【0058】

その結果、本発明の4点接触玉軸受は、背面組合せのアンギュラ玉軸受と比較すると、省スペース性や低コストの点で優れ、また、従来の4点接触玉軸受と比較すると、低騒音性や寿命の点で優れた結果を示し、上述の作用・効果を確認することができた。

#### 【0059】

##### 【発明の効果】

上述したように、本発明の請求項1に記載した4点接触玉軸受によれば、

(1)  $0.011 \leq d/D_p \leq 0.017$  の範囲に玉の直径 $d$ を設定することで、玉の直径が過小になることを回避して、発熱や摩耗を招く摩擦トルクを抑えつつ、 $PV$ 値の低減を図ることが可能になる。

(2)  $1.5 \leq L_1/d \leq 2.1$  の範囲に玉間距離 $L_1$ を設定することで、玉間距離 $L_1$ が過大になることを防止でき、保持器柱部強度を確保する一方で、 $PV$ 値の低減を図ることが可能になる。

#### 【0060】

(3)  $0.54 \leq r/d \leq 0.59$  の範囲に溝の曲率半径 $r$ を設定することで、溝の曲率半径 $r$ が過大になることを防止でき、加工性を確保しつつ、玉と軌道面の接触楕円を小さく抑えて、発熱や摩耗を招く摩擦トルクを抑えつつ、 $PV$ 値の低減を図ることが可能になる。

(4)  $15^\circ \leq \alpha \leq 25^\circ$  の範囲に各軌道面と前記玉との接触角 $\alpha$ を規制することで、玉と軌道面間におけるスピン滑りとジャイロ滑りの双方を低減させ、発

熱や摩耗を招く摩擦トルクを抑えつつ、PV値の低減を図ることが可能になる。

#### 【0061】

(5) 上述の(1)～(4)の作用・効果の相乗環境下で、アキシアル隙間 $S_A$ を $-0.050\text{ mm} \leq S_A \leq 0\text{ mm}$ の範囲に設定すると、高速回転時の低騒音・低振動運転を実現する適度の予圧状態となって、発熱や摩耗による軸受寿命の低減も防止できる。

#### 【0062】

又、本発明の請求項2乃至請求項4に記載の4点接触玉軸受によれば、玉の表面のビッカース硬さ $H_v$ が標準よりも高く規制されるので、玉の縦弾性係数が高くなり、玉と軌道面との間の接触面圧による玉の変形を抑えて、玉と軌道面との間の接触楕円を小さくすることができ、これによって、玉と各軌道面との間に発生する差動滑りを最小限に抑えることができる。

#### 【0063】

また、玉の表面の硬度を標準より高くしたこと自体で、滑り動作に対する耐摩耗性が向上する。この耐摩耗性の向上と、上記差動滑りの最小限化によって、予圧付与下での運転において摩擦トルクの増大を抑制して発熱や摩耗を抑えることができ、高速回転時の低騒音・低振動運転を実現できると同時に、発熱や摩耗の低減によって軸受寿命の向上を実現することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図1】

本発明の第1実施形態に係る4点接触玉軸受の構成を示す部分縦断面図である。

##### 【図2】

図1に示した4点接触玉軸受と、従来の4点接触玉軸受と、背面組合せのアンギュラ玉軸受との高速回転時の音響レベル試験の比較測定図である。

##### 【図3】

図1に示した4点接触玉軸受と、従来の4点接触玉軸受と、背面組合せのアンギュラ玉軸受との高速回転時の振動値試験の比較測定図である。

##### 【図4】

図 1 に示した 4 点接触玉軸受と、従来の 4 点接触玉軸受と、背面組合せのアンギュラ玉軸受との高速回転時の温度上昇試験の比較測定図である。

【図 5】

図 1 に示した 4 点接触玉軸受と、従来の 4 点接触玉軸受と、背面組合せのアンギュラ玉軸受との高速回転時の摩擦トルク試験の比較測定図である。

【図 6】

図 1 に示した 4 点接触玉軸受と、従来の 4 点接触玉軸受と、背面組合せのアンギュラ玉軸受との高速回転時の寿命試験の比較測定図である。

【図 7】

本発明の第 2 実施形態に係る 4 点接触玉軸受の構成を示す部分縦断面図である。

【図 8】

本発明の第 3 実施形態に係る 4 点接触玉軸受の構成を示す部分縦断面図である。

【図 9】

図 8 に示したシールド板の正面図である。

【図 10】

本発明の第 4 実施形態に係る 4 点接触玉軸受の構成を示す部分縦断面図である。

【図 11】

本発明の第 5 実施形態に係る 4 点接触玉軸受の構成を示す部分縦断面図である。

【図 12】

本発明の第 6 実施形態に係る 4 点接触玉軸受と、アキシャル隙間が異なる従来の 2 種類の 4 点接触玉軸受と、背面組合せのアンギュラ玉軸受との性能評価レーダー図である。

【図 13】

転がり軸受を使用した CT スキャナ装置の要部断面図である。

【図 14】

ＣＴスキャナ装置に使用される背面組合せのアンギュラ玉軸受の縦断面図である。

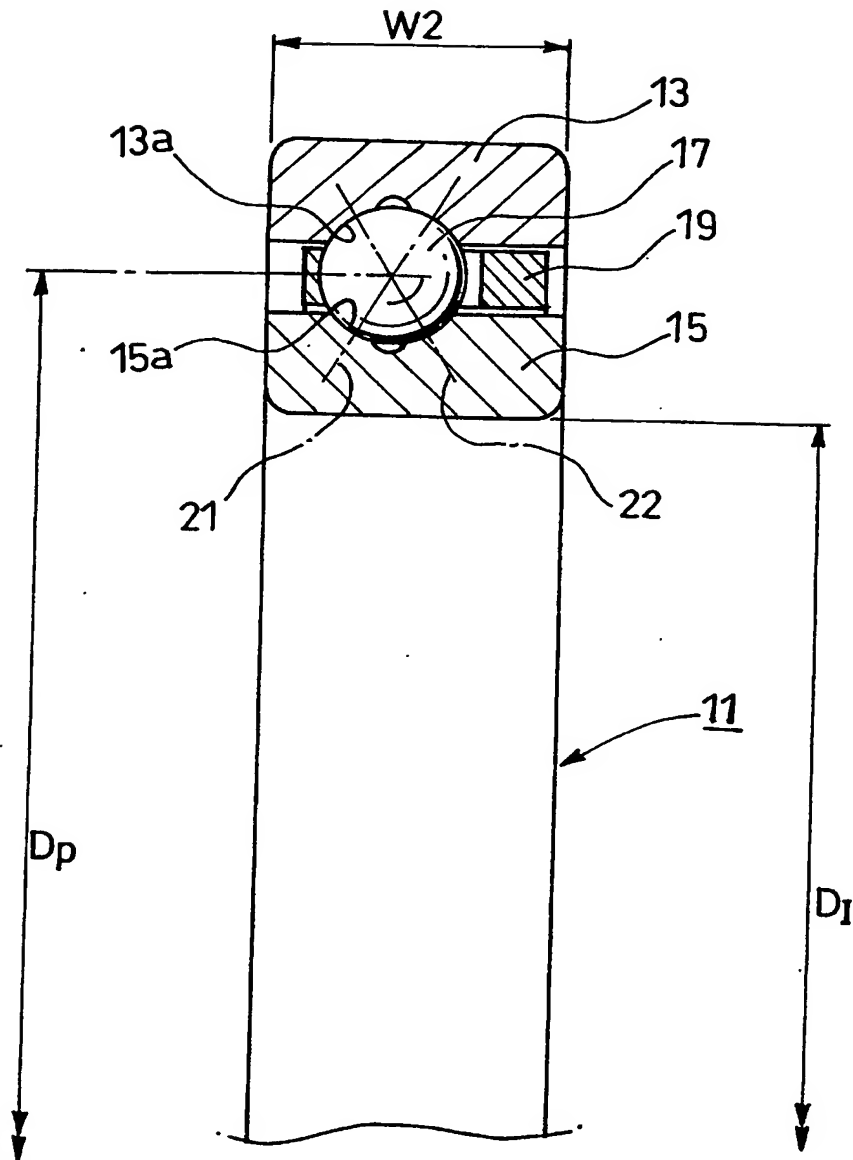
【符号の説明】

- 1 1 4点接触玉軸受
- 1 3 外輪（外方部材）
- 1 5 内輪（内方部材）
- 1 7 玉
- 1 9 保持器

【書類名】

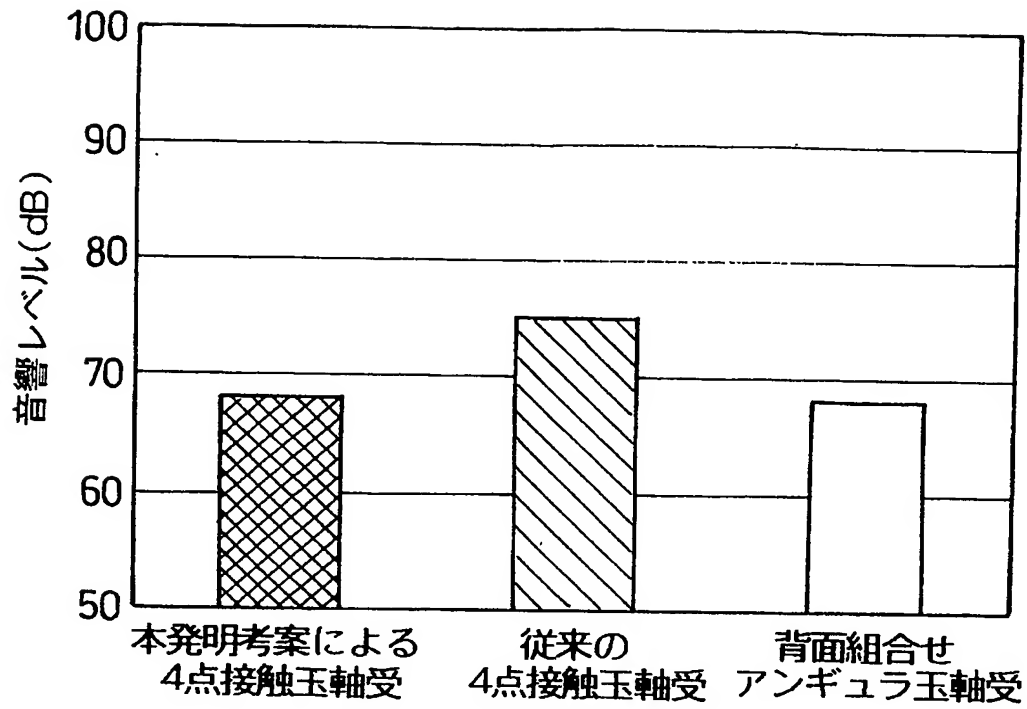
図面

【図 1】

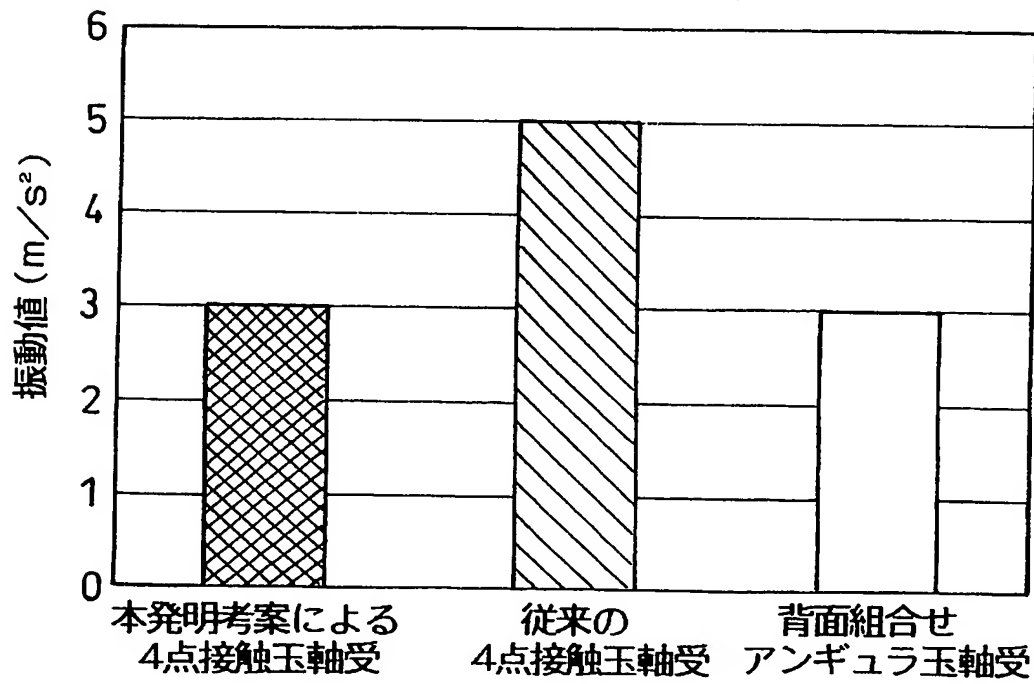




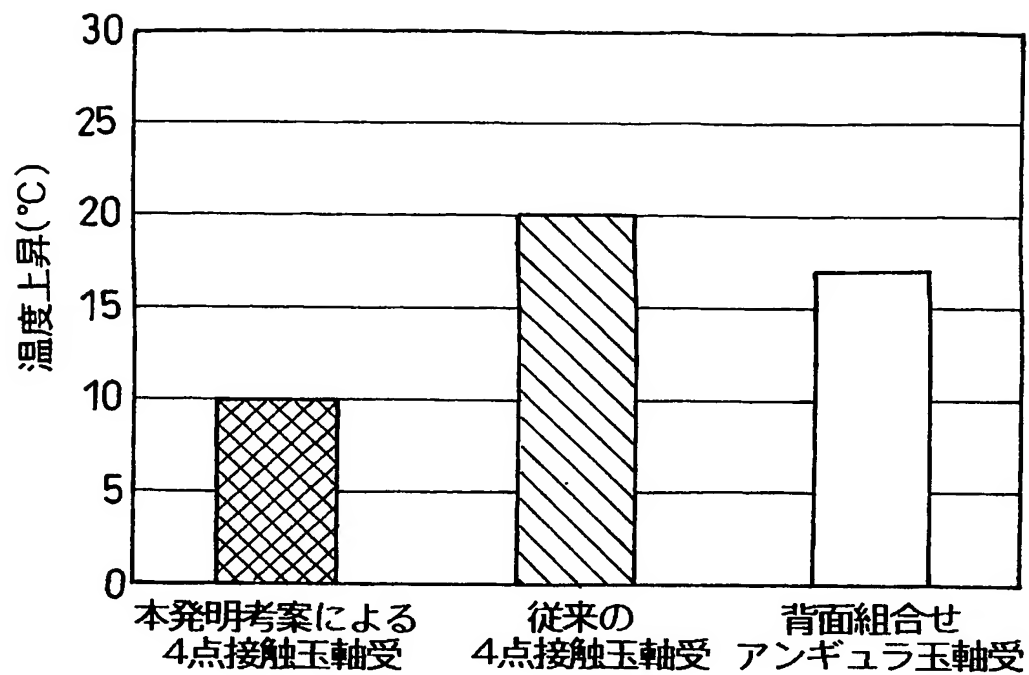
【図 2】



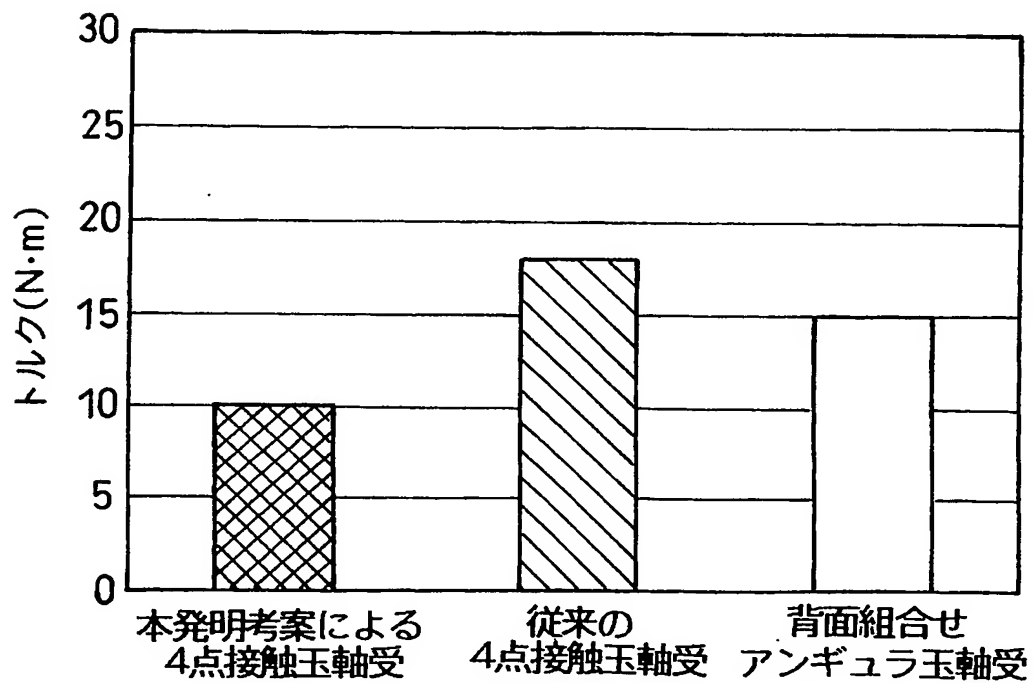
【図 3】



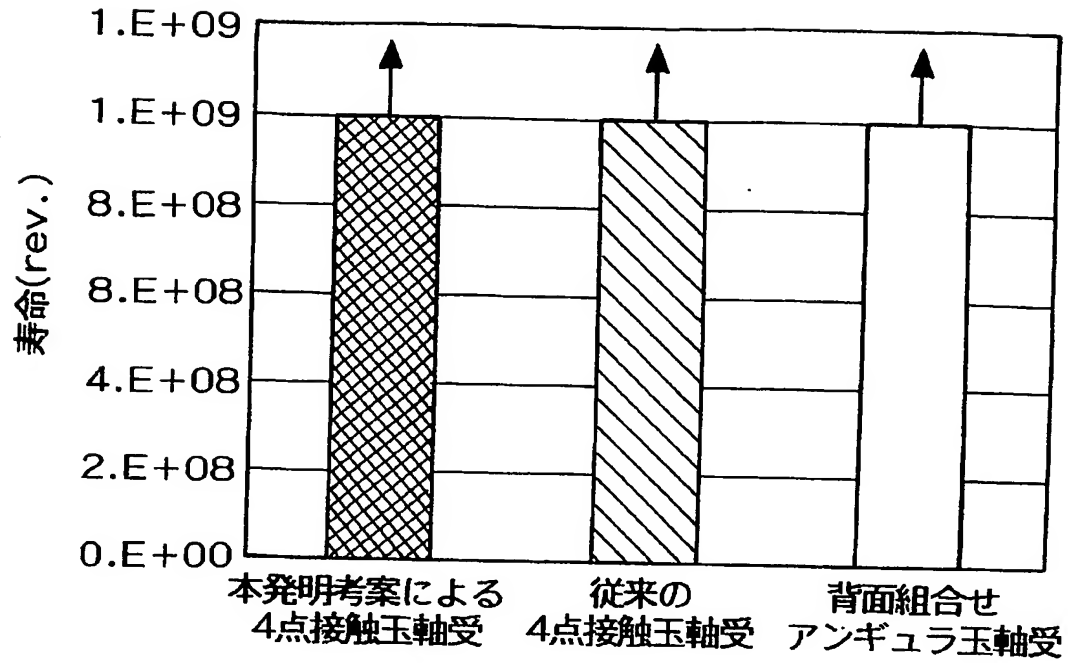
【図4】



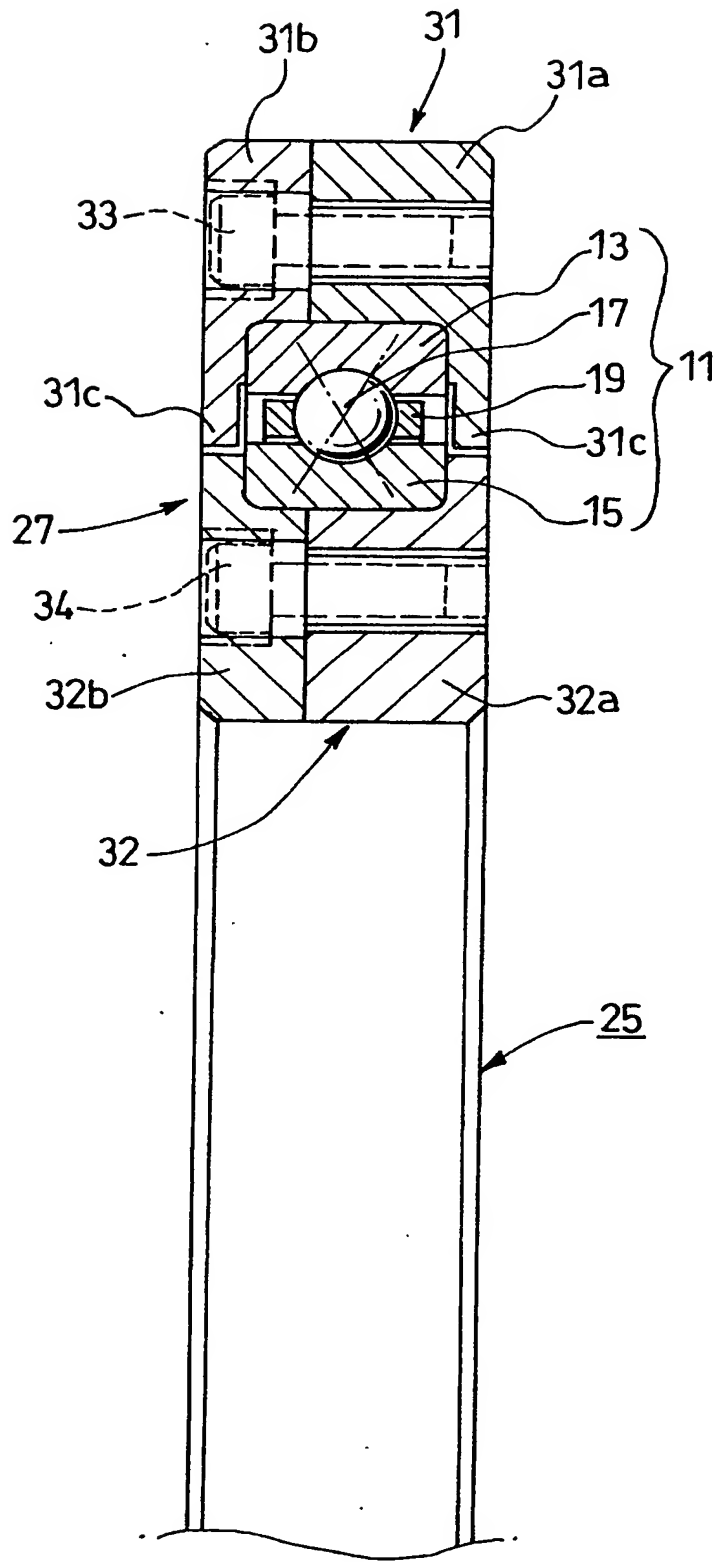
【図5】



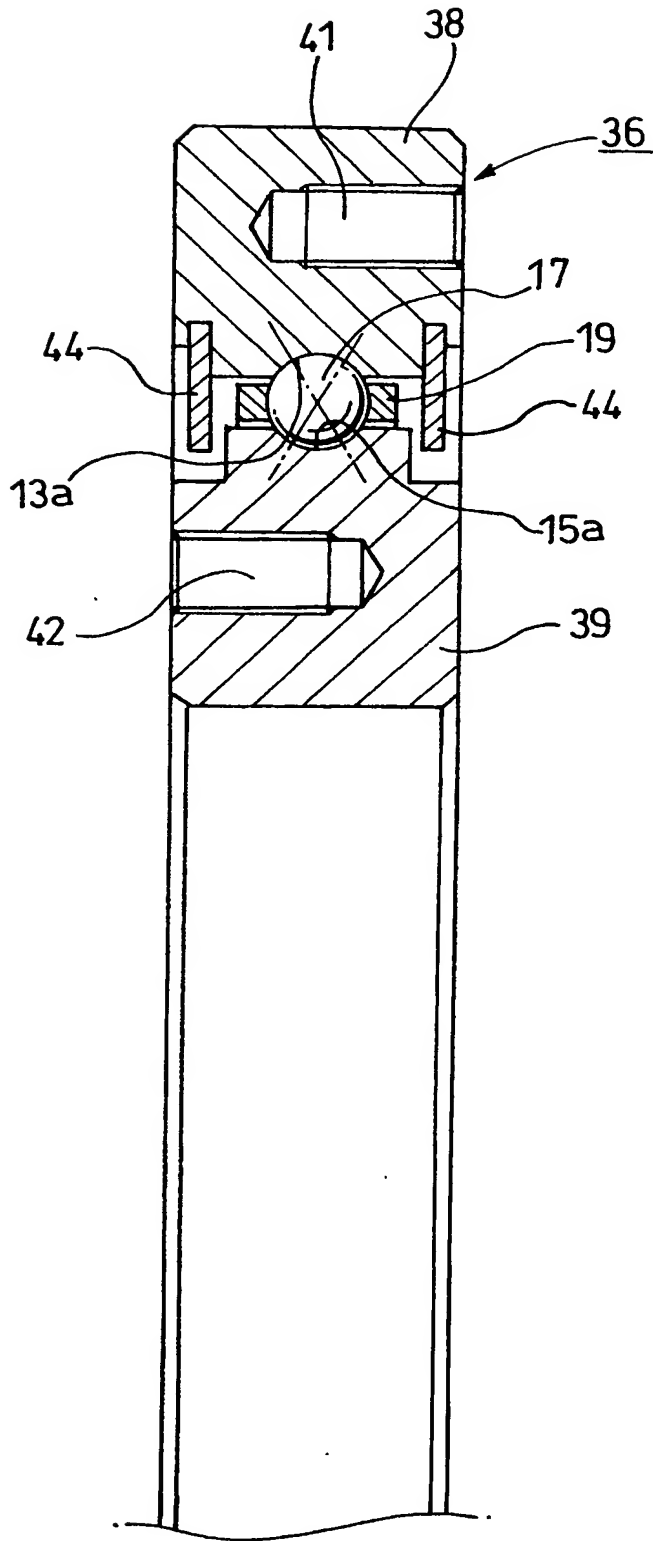
【図 6】



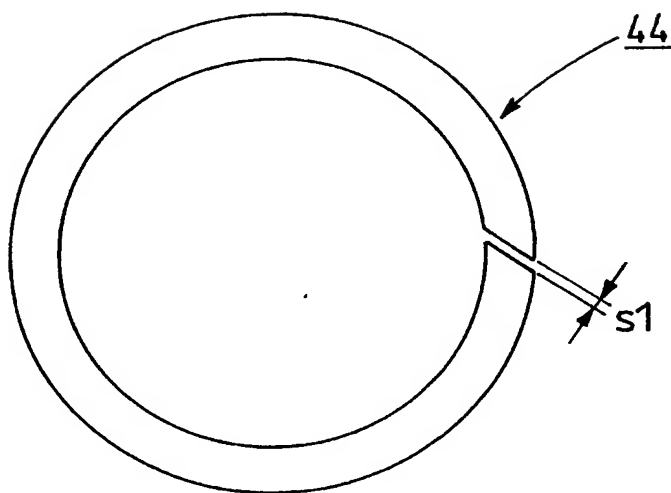
【図 7】



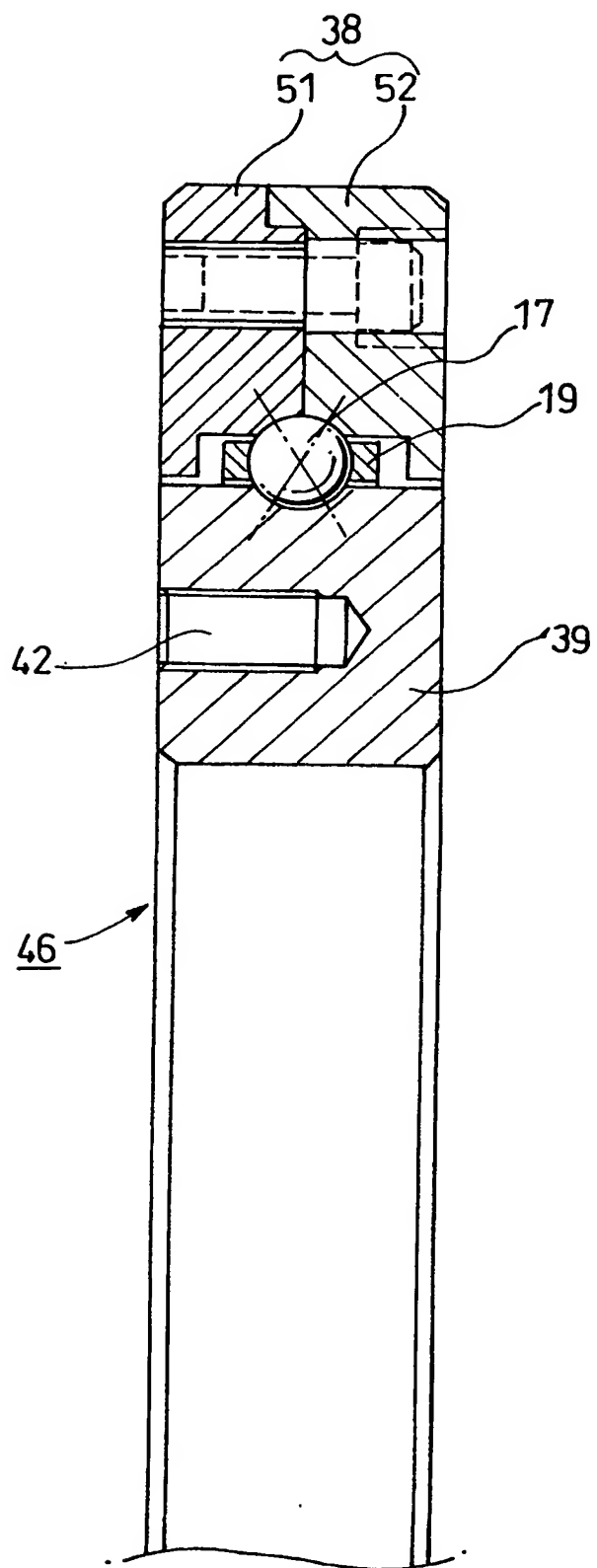
【図 8】



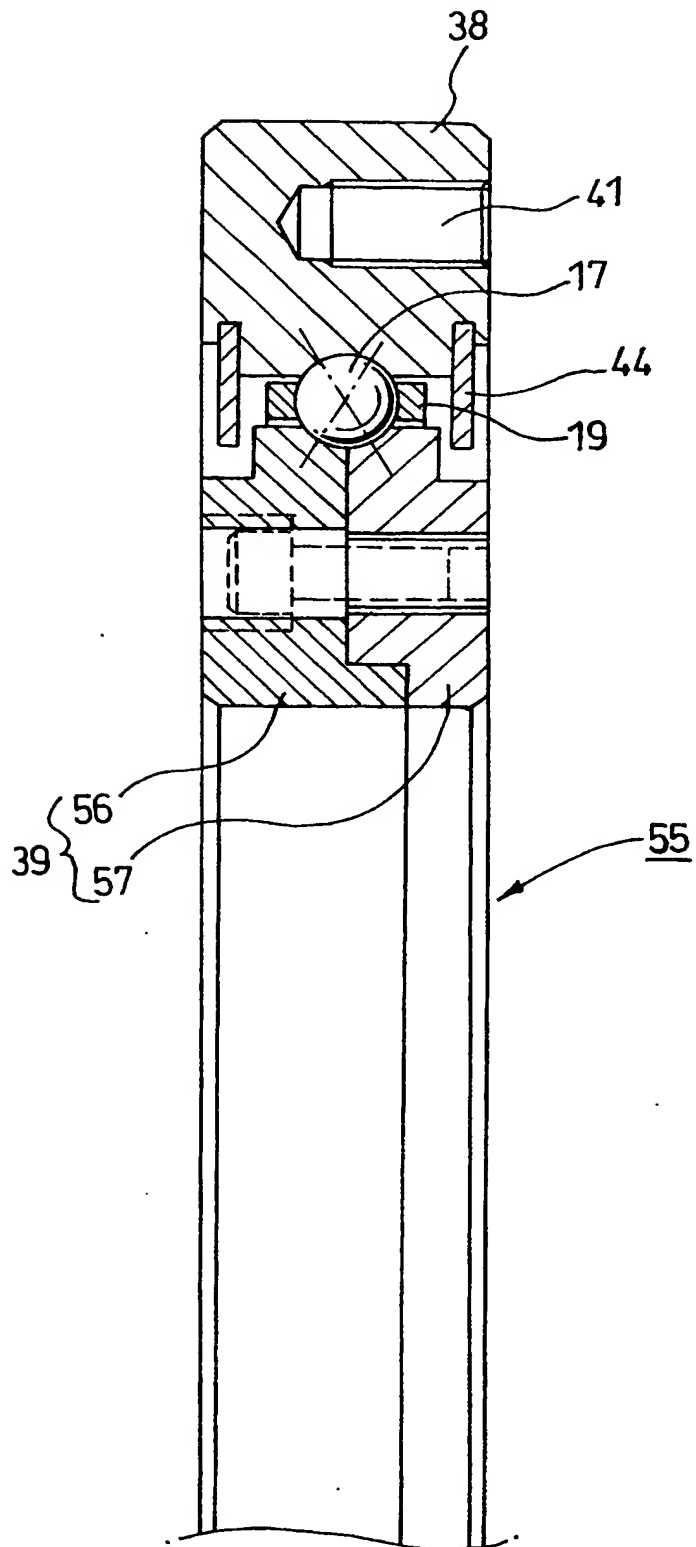
【図 9】



【図 10】

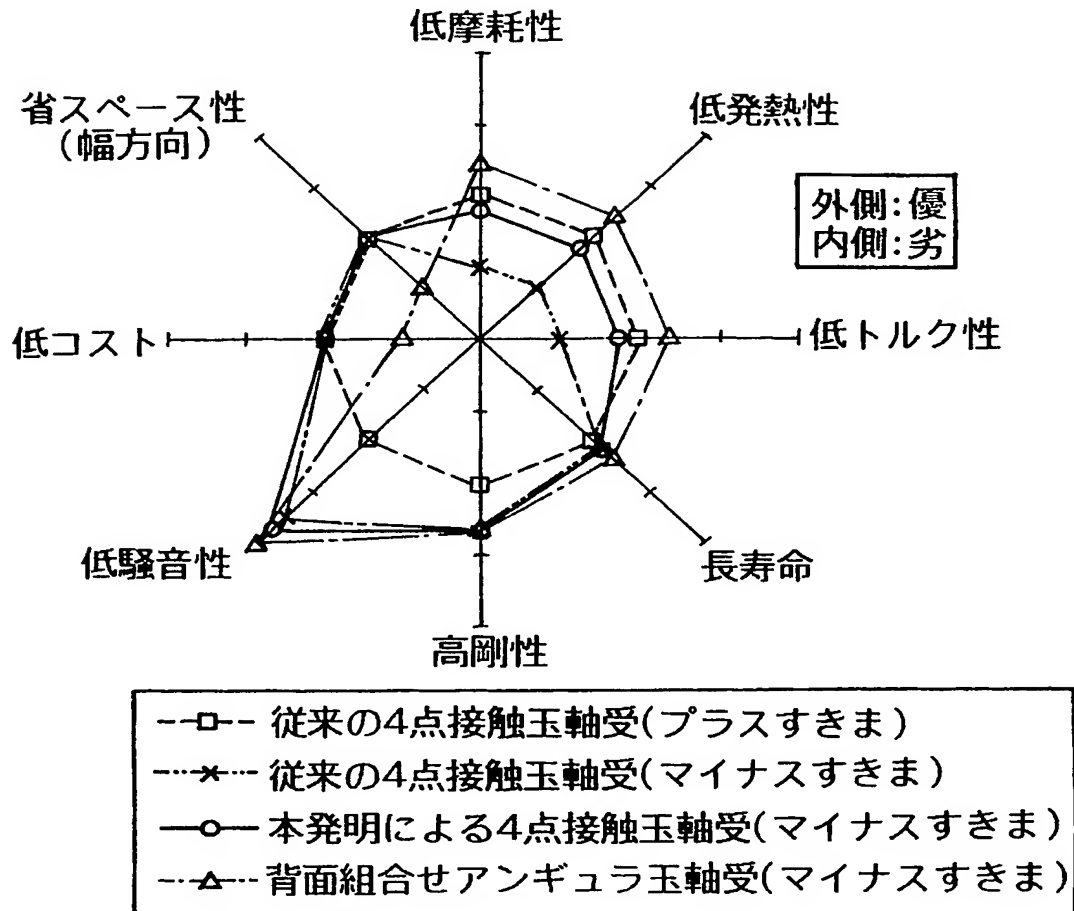


【図 11】

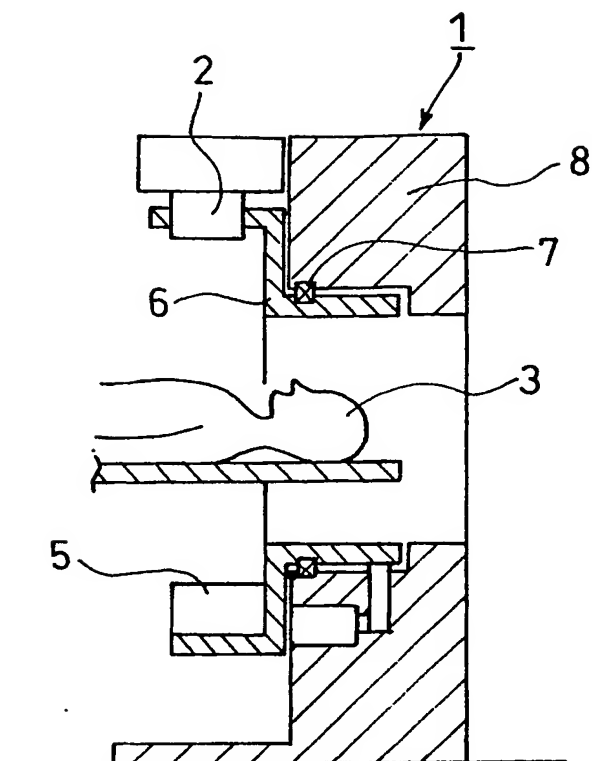




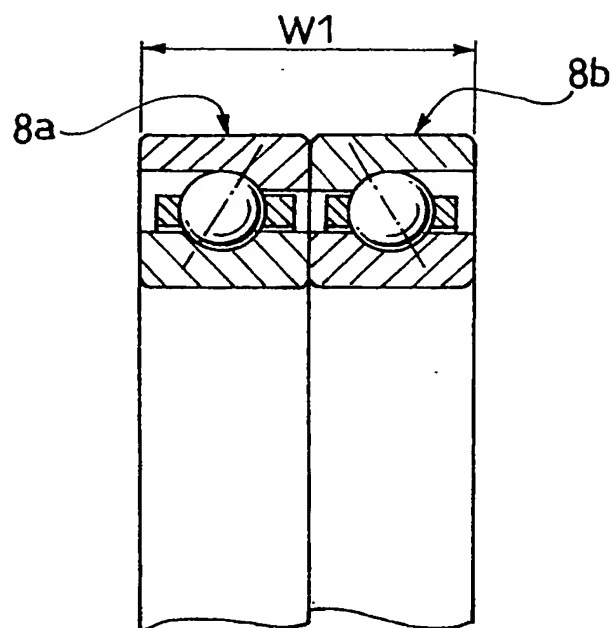
【図12】



【図 13】



【図 14】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 予圧付与下での運転において摩擦トルクの増大を抑制して発熱や摩耗を抑えることができ、高速回転時の低騒音・低振動運転に加えて、軸受寿命の向上を実現することができる 4 点接触玉軸受を提供する。

【解決手段】 4 点接触玉軸受 11 において、玉 17 の直径を  $d$ 、両軌道面 13a, 15a 間に配置された複数個の玉 17 のピッチ円直径を  $D_p$ 、ピッチ円直径  $D_p$  上での隣接する玉 17 間距離を  $L_1$ 、外内輪 13, 15 において玉 17 に外接する軌道面 13a, 15a としての溝の曲率半径を  $r$ 、各軌道面 13a, 15a と玉 17 との接触角を  $\alpha$ 、とするとき、これら  $d$ 、 $D_p$ 、 $L_1$ 、 $r$ 、 $\alpha$  が所定の関係に規制されることで、アキシヤル隙間  $S_A$  が負となる予圧付与下でも、摩擦トルクの増大を抑制して発熱や摩耗を抑えることができる。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 2 - 3 6 4 1 6 2

ページ： 1/E

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 4 2 0 4 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都品川区大崎 1 丁目 6 番 3 号

氏 名

日本精工株式会社